



862.C2159

RECEIVED
PATENT APPLICATION
JUL 12 2001
TC 2800 MAIL ROOM

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
SEIJI KUROKAMI, ET AL.)
Application No.: 09/818,604)
Filed: March 28, 2001)
For: POWER CONVERTING APPARA-)
TUS, CONTROL METHOD)
THEREFOR, AND SOLAR POWER)
GENERATION APPARATUS)
Examiner: Unassigned
Group Art Unit: 2838
July 12, 2001

Handwritten:
#5
Priority
P. Hicken
9/901

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

2000-092087


Japan

March 29, 2000.

A certified copy of the priority document, as well as of an English translation of the cover page, is enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants
Lawrence A. Stahl
Registration No. 30,110

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

LAS:SWF:eyw

(translation of the front page of the priority document of
Japanese Patent Application No. 2000-092087)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this Office.

Date of Application: March 29, 2000

Application Number : Patent Application 2000-092087

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

April 20, 2001

Commissioner,

Patent Office

Kouzo OIKAWA

RECEIVED
JUL 16 2001
TC 2800 MAIL ROOM

Certification Number 2001-3033065

App/n. No.: 09/818,604
Filed: March 28, 2001
Inv.: Seiji Kurokumi, et al.
Title: Power Converting Apparatus,
Control Method Therefor, AND Solar
Power Generation Apparatus

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-092087

出 願 人

Applicant(s):

キヤノン株式会社

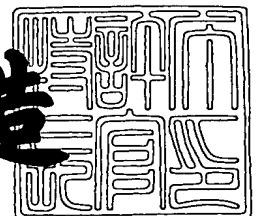


RECEIVED
JUL 16 2001
TC 2800 MAIL ROOM

2001年 4月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3033065

【書類名】 特許願

【整理番号】 4107076

【提出日】 平成12年 3月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G05F 1/67

【発明の名称】 系統連系インバータおよび分散形発電システム

【請求項の数】 13

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

 【氏名】 黒神 誠路

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

 【氏名】 竹原 信善

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

 【氏名】 真鍋 直規

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100086287

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 伊東 哲也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103931

 【弁理士】

【氏名又は名称】 関口 鶴彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002048

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 系統連系インバータおよび分散形発電システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直流電源から入力される直流電力を、入出力間が絶縁されていないコンバータ回路およびインバータ回路を経て交流電力に変換し、接地された系統に出力する系統連系インバータであって、前記直流電源の地絡を検出する直流地絡検出手段を備えたものにおいて、入力電圧または前記コンバータ回路とインバータ回路との間における中間電圧を制御して上昇または下降させることにより前記直流電源の対地電位をゼロ近傍以外の値とする制御手段を具備することを特徴とする系統連系インバータ。

【請求項 2】 前記制御手段は前記直流電源の対地電位の大きさが所定値以上になるように前記入力電圧または中間電圧の制御を行うものであることを特徴とする請求項 1 に記載の系統連系インバータ。

【請求項 3】 前記直流地絡検出手段は少なくとも 2 つの検出レベルにおいて地絡の検出を行うものであり、前記制御手段は各検出レベルでの地絡検出時の前記入力電圧または中間電圧を直流地絡情報として記憶するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の系統連系インバータ。

【請求項 4】 前記直流地絡検出手段は少なくとも 2 つの検出レベルにおいて地絡の検出を行うものであり、前記制御手段は各検出レベルでの地絡検出時の前記入力電圧または中間電圧に基づいて地絡点または地絡抵抗を求めるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 5】 前記制御手段は前記求められた地絡点または地絡抵抗を直流地絡情報として記憶するものであることを特徴とする請求項 4 に記載の系統連系インバータ。

【請求項 6】 前記直流地絡検出手段は零相直流電流値を検出するものであり、前記制御手段は前記入力電圧または中間電圧の制御時に、その異なる複数の電圧値に対応して前記直流地絡検出手段により得られる複数の零相直流電流値に対応する前記複数の電圧値とともに記憶するものであることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 7】 前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、所定の時間 T 1 以内毎に実行するものであることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 8】 前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、前記入力電圧または中間電圧の制御を最後に実行した後、前記所定時間 T 1 より短い所定の時間 T 2 が経過するまでは前記入力電圧または中間電圧の制御を行わないものであることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 9】 前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、前記直流電源から入力される直流電力が所定値以下の場合に行うものであることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 1 0】 前記制御手段は、前記直流地絡検出手段が地絡を検知したときには、系統連系運転を停止し、所定の待ち時間の経過後に系統連系運転を再開するとともに、前記入力電圧または中間電圧の制御を実行して地絡が生じるか否かを確認する動作を 1 回または複数回行うものであることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の系統連系インバータ。

【請求項 1 1】 直流電源と、この直流電源が出力する直流電力を交流電力に変換して出力する請求項 1 ～ 1 0 のいずれかの系統連系インバータとを具備することを特徴とする分散形発電システム。

【請求項 1 2】 前記直流電源は複数の直流電源ユニットを直列接続して構成されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の分散形発電システム。

【請求項 1 3】 前記直流電源は太陽電池であることを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 に記載の分散形発電システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直流電源からの出力を入力とし、1 線が接地された系統に出力する系統連系インバータであって、特に、太陽電池からの出力を入力とする場合に好適で、直流地絡検出機能を向上させた系統連系インバータに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、環境意識の高まりからクリーンな新エネルギーの研究開発が促進され、太陽の光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽電池を用いた太陽光発電システムが普及しつつある。その中でも、太陽電池が発電した直流電力を系統連系インバータで交流電力に変換して商用系統に出力する系統連系形太陽光発電システムが大きな市場へと拡大しつつある。

【0003】

太陽電池は何らかの原因により絶縁が破壊され、地絡が発生する恐れがある。一般に、絶縁の確認は、絶縁抵抗計による絶縁抵抗の測定により実施することができる。しかし、多くの場合、定期点検で数ヶ月から数年毎にしか絶縁抵抗測定を行わないので、長期間地絡した状態のまま放置される恐れがある。このため、系統連系インバータには太陽電池の地絡を検出する地絡検出手段が設けられている。

【0004】

最近の系統連系インバータは、大きさ、質量、性能およびコストの観点から、トランスを用いない、いわゆるトランスレスタイプのもので多くなっている。一般に、トランスレスタイプに用いられる地絡検出手段では、系統から太陽電池へ対地電位が与えられるので、太陽電池から系統連系インバータを通過して系統に流れる直流地絡電流を検出する方式を用いている。この例としては、例えば、特公昭63-49455号公報に記載のものがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この方式によれば、次のような問題がある。この方式では、太陽電池に発生した地絡を検出するために、太陽電池－パワーコンディショナー系統－アース－太陽電池という回路に流れる直流地絡電流を検出している。この回路は、太陽電池回路において地絡が生じたときに形成されるものである。この直流地絡電流は、太陽電池の地絡箇所とアースとの間の電位差（対地電位）により生じる。ところが、太陽電池には対地電位がゼロまたはゼロ近傍になる箇所が存

在することがあり、この対地電位がゼロまたはゼロの近傍で地絡が発生しても、直流地絡電流がゼロまたは微小値になるため、太陽電池の地絡を検出することはできない。このように、運転中に太陽電池に地絡が発生しても、直流地絡検出ができない不感領域が太陽電池には存在する。起動時に、開放電圧から最適動作点に移行するときに対地電位が変わるので、地絡検出ができる場合もあるが、検出可能な対地電位の大きさである時間すなわち検出可能な地絡電流が流れる時間が短いと、直流地絡検出手段では地絡を検知することができない。

【 0 0 0 6 】

多くの場合、系統連系インバータは、太陽電池から最大出力を引き出すために M P P T 制御を行い、太陽電池の電圧を変化させる。しかし、太陽電池の最適動作点電圧は大きくは変わらないので、実際の太陽電池の動作電圧の変化の度合いはそれほど小さくなく、地絡検知ができない場合がある。このため、たとえ起動時に地絡を検知できたとしても、運転開始後に地絡が発生した場合には、そのまま運転を継続するおそれがある。

【 0 0 0 7 】

このように、対地電位がゼロの近傍で地絡が発生した場合、感電のおそれはないものの、地絡を速やかに検出して早急に修理などの対応を行うことができないことがあるため、より早期の故障検出が望まれている。

【 0 0 0 8 】

また、系統連系インバータでは、地絡を検知できても、その地絡箇所は分からない。また、地絡検出後に状態が変化して、後に確認作業を行っても、太陽電池の地絡箇所がわからないおそれがある。また、太陽電池以外のバッテリーや燃料電池などの直流電源を用いる場合でも同様である。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑み、系統連系インバータおよびこれを備えた分散形発電システムにおいて、直流電源の地絡を確実に検出できるようにすることを課題とする。また、地絡位置の検出を行うことができ、さらには地絡に対する対応が効率的に行えるようにすることを課題とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するため、本発明の第1の系統連系インバータは、直流電源から入力される直流電力を、入出力間が絶縁されていないコンバータ回路およびインバータ回路を経て交流電力に変換し、接地された系統に出力する系統連系インバータであって、前記直流電源の地絡を検出する直流地絡検出手段を備えたものにおいて、入力電圧または前記コンバータ回路とインバータ回路との間における中間電圧を制御して上昇または下降させることにより前記直流電源の対地電位をゼロ近傍以外の値とする制御手段を具備することを特徴とする。

【0011】

また、第2の系統連系インバータは、第1の系統連系インバータにおいて、前記制御手段は前記直流電源の対地電位の大きさが所定値以上になるように前記入力電圧または中間電圧の制御を行うものであることを特徴とする。

【0012】

第3の系統連系インバータは、第1または第2の系統連系インバータにおいて、前記直流地絡検出手段は少なくとも2つの検出レベルにおいて地絡の検出を行うものであり、前記制御手段は各検出レベルでの地絡検出時の前記入力電圧または中間電圧を直流地絡情報として記憶するものであることを特徴とする。

【0013】

第4の系統連系インバータは、第1～第3のいずれかの系統連系インバータにおいて、前記直流地絡検出手段は少なくとも2つの検出レベルにおいて地絡の検出を行うものであり、前記制御手段は各検出レベルでの地絡検出時の前記入力電圧または中間電圧に基づいて地絡点または地絡抵抗を求めるものであることを特徴とする。

【0014】

第5の系統連系インバータは、第4の系統連系インバータにおいて、前記制御手段は前記求められた地絡点または地絡抵抗を直流地絡情報として記憶するものであることを特徴とする。

【0015】

第6の系統連系インバータは、第1～第5のいずれかの系統連系インバータに

において、前記直流地絡検出手段は零相直流電流値を検出するものであり、前記制御手段は前記入力電圧または中間電圧の制御時に、その異なる複数の電圧値に対応して前記直流地絡検出手段により得られる複数の零相直流電流値に対応する前記複数の電圧値とともに記憶するものであることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

第 7 の系統連系インバータは、第 1 ～第 6 のいずれかの系統連系インバータにおいて、前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、所定の時間 T_1 以内毎に実行するものであることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

第 8 の系統連系インバータは、第 1 ～第 7 のいずれかの系統連系インバータにおいて、前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、前記入力電圧または中間電圧の制御を最後に実行した後、前記所定時間 T_1 より短い所定の時間 T_2 が経過するまでは前記入力電圧または中間電圧の制御を行わないものであることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

第 9 の系統連系インバータは、第 1 ～第 8 のいずれかの系統連系インバータにおいて、前記制御手段は、前記入力電圧または中間電圧の制御を、前記直流電源から入力される直流電力が所定値以下の場合に行うものであることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

そして、第 1 0 の系統連系インバータは、第 1 ～第 9 のいずれかの系統連系インバータにおいて、前記制御手段は、前記直流地絡検出手段が地絡を検知したときには、系統連系運転を停止し、所定の待ち時間の経過後に系統連系運転を再開するとともに、前記入力電圧または中間電圧の制御を実行して地絡が生じるか否かを確認する動作を 1 回または複数回行うものであることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の分散形発電システムは、直流電源と、この直流電源が出力する直流電力を交流電力に変換して出力する前記第 1 ～第 1 0 のいずれかの系統連系インバータとを具備することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

第 2 の分散形発電システムは、第 1 の分散形発電システムにおいて、前記直流電源は複数の直流電源ユニットを直列接続して構成されていることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

そして第 3 の分散形発電システムは、第 1 または第 2 に記載の分散形発電システムにおいて、前記直流電源は太陽電池であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

これら本発明の構成において、直流電源の対地電位は、入出力非絶縁の系統連系インバータの回路方式、入力電圧、中間電圧等により決まる。したがって制御手段が、入力電圧や中間電圧を制御して上昇または下降させると、直流電源の対地電位を制御することになる。そしてこれにより、直流電源内のいずれの場所においても対地電位がゼロあるいはゼロ近傍の値以外の値となる状況が生じるように、対地電位の絶対値が大きくなるように制御して、地絡電流値が一時的に増加すると、直流電源の地絡が確実に検出されることになる。

【 0 0 2 4 】

また、その際、直流電源の全ての場所での対地電位が所定値以上の大きさとなるように入力電圧または中間電圧を制御しても地絡が検知されないときは、絶縁抵抗が所定値以上に維持されていることが確認できたことになる。また、地絡を検出した時の入力電圧、中間電圧および地絡検出レベルが分かれば、地絡箇所と地絡抵抗の関係が分かるので、少なくとも 2 つの検出レベルにおいて地絡検出を行うことにより、地絡箇所や地絡抵抗を求めることができる。また、これらの地絡検出に関する情報を記憶することにより、その後に地絡状態が変わるなどして地絡の再現や確認ができなくなる場合においても、記憶された情報に基づいて地絡についての解析を行うことができる。また、地絡を検出した時の入力電圧、中間電圧および零相直流電流が分かれば地絡箇所と地絡抵抗の関係が分かるので、少なくとも 2 つの電圧制御条件において零相直流電流を検出することにより、地絡箇所や地絡抵抗を算出することができる。また、これらの地絡検出に関する情報を記憶しておくことにより、その後に地絡状態が変わるなどして再現および確

認ができなくなる場合においても、記憶された情報に基づいて地絡についての解析が行われる。

【0025】

また、制御手段が電圧制御を所定時間 T_1 内に実行することによって、所定時間 T_1 内毎に確実に所定レベルでの地絡の検出が行われる。また、制御手段が電圧制御を所定時間 T_2 （＜所定時間 T_1 ）の間は行わないことにより、電圧制御時の変動および損失が最小限に抑えられ、直流電源の安定的かつ効率的な利用が行われることになる。また、電圧制御を所定電力以下の場合に行うことにより、電圧制御時の損失が最小限に抑えられ、効率的な運転が行われる。

【0026】

また、直流電源が複数の直流電源ユニットの直列接続によって構成される場合には、対地電位がゼロ近傍になる物理的な箇所が多数あるが、その場合でも上述のようにして、直流電源ユニット自体のことを意識することなく地絡の発生が検知され、また、どの直流電源ユニットで地絡が発生したかが検知される。特に、直流電源が太陽電池の場合、その直列数は多く、対地電位がゼロまたはゼロ近傍になる物理的な箇所が極めて多数存在するため、その効果は大きい。また、太陽電池は屋外に設置されて外来に起因する故障が発生する可能性があるが、そのような場合にも地絡が検知され、地絡箇所が求められる。

【0027】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態に係る系統連系インバータの構成を示す。同図に示すように、この系統連系インバータ2は、直流電源1から入力される直流電力を、入出力間が絶縁されていないコンバータ回路5およびインバータ回路6を経て交流電力に変換し、接地された系統3に出力するものであって、直流電源1の地絡を検出する直流地絡検出手段13を備えている。また、入力電圧またはコンバータ回路5とインバータ回路6との間における中間電圧を制御して上昇または下降させることにより直流電源1の対地電位をゼロ近傍以外の値とする制御手段11を備える。

【0028】

太陽電池 1 からの出力は系統連系インバータ 2 の入力端子に接続されている。系統連系インバータ 2 の出力端子は系統 3 に接続されている。太陽電池 1 は、系統連系インバータ 2 の入力電圧に適する電圧を出力できるように、複数の太陽電池モジュール（1 a ～ 1 x）を直列接続（太陽電池ストリング）して構成されている。もちろん、所望の電圧が得られるならば、太陽電池モジュールは 1 つでもよい。また、図示してはいないが、所望の電力が得られるように、複数の太陽電池ストリングを並列接続することが多い。また、太陽電池 1 の代わりに燃料電池やバッテリーなどの他の直流電源を使用する場合でも、本発明が適用可能である。

【 0 0 2 9 】

図中の 4 は、太陽電池 1 に発生した地絡を意味する。系統 3 は、单相 3 線式の電気方式のものであり、中性点が接地されている。また、单相 2 線式、3 相 3 線式、3 相 4 線式などの接地されている系統であれば本発明が適用可能である。系統連系インバータ 2 の主回路は、コンバータ回路 5、インバータ回路 6、連系リアクトル 7 および連系スイッチ 8 により構成される。

【 0 0 3 0 】

コンバータ回路 5 は、コンバータ入力を平滑化するためのコンデンサ 5 C 1、昇圧リアクトル 5 L、電力流通量／昇圧比を制御するためにスイッチング動作を行うスイッチング素子 5 Q、コンバータ出力から入力側への逆流を防止するためのダイオード 5 D、コンバータ出力を平滑化するためのコンデンサ 5 C 2 から構成される、いわゆるチョップアップ方式のものである。スイッチング素子 5 Q としては I G B T を用いているが、M O S F E T などの自己消弧形素子を用いることもできる。また、コンデンサ 5 C 2 は後段のインバータ回路 6 の入力電圧を平滑化する機能も兼ねている。

【 0 0 3 1 】

インバータ回路 6 は、スイッチング素子 6 Q 1 ～ 6 Q 4 によるフルブリッジ回路で構成される。スイッチング素子 6 Q 1 ～ 6 Q 4 としては I G B T を用いているが、M O S F E T などの自己消弧形素子を用いることもできる。連系リアクトル 7 により、スイッチング電圧から滑らかな交流電流を出力する。連系スイッチ 8 は、系統連系インバータ 2 が運転を停止している時に系統 3 との接続を遮断す

る。

【 0 0 3 2 】

9は系統連系インバータ2に入力される電圧を検出して、入力電圧検出信号を制御手段11に出力する入力電圧検出手段である。10は中間電圧検出手段であり、コンバータ回路5の出力であってインバータ回路6の入力でもある中間部分の電圧を検出し、中間電圧検出信号を制御手段11に出力する。

【 0 0 3 3 】

12は地絡検出手段であり、入力側の正側ラインの電流と負側ラインの電流との差電流の直流分を検出し、その検出値が所定レベル以上か否かにより地絡判定を行い、その結果を地絡判定信号として制御手段11に出力する。地絡検出手段12の位置は、出力ラインや中間ラインなどのような地絡電流の直流分を検知できる場所であればよい。

【 0 0 3 4 】

制御手段11は、前記入力電圧検出信号、中間電圧検出信号、および地絡判定信号や、図示していない検出信号に基づき、系統連系インバータ2の動作を制御する。また、状態に応じて、コンバータ回路5およびインバータ回路6のスイッチング制御、ならびに連系スイッチ8の開閉制御を行う。制御手段11では、系統連系インバータが一般的に備えている昇圧制御、出力波形制御、起動／停止制御、MPPT (Maximum Power Point Tracking; 最大出力追従) 制御、連系保護機能、インバータ保護機能などを行う。また、本発明に従った地絡検知のための対地電位制御手段12を有している。

【 0 0 3 5 】

制御手段11は、CPU、DSP、メモリ、I/Oなどのデジタル回路やアナログ回路により構成可能である。近年、CPUやDSPは高性能化、低価格化しており、それらを用いることにより、各種の制御をソフトウェアにより実現できるため、小型化、低価格化、設計自由度の向上などのメリットがある。系統連系インバータ2における入力電圧および中間電圧は、コンバータ回路5やインバータ回路6のデューティを調節することにより制御される。

【 0 0 3 6 】

なお、本発明におけるコンバータ回路とインバータ回路の回路構成は、図 1 に示されたコンバータ回路 5 とインバータ回路 6 の回路構成に限定されない。系統連系インバータ 2 の入出力が非絶縁で、入力電圧および／または中間電圧が変わると太陽電池 1 の対地電位がゼロとなる場所が変わるものであれば、本発明の適用が可能である。

系統連系インバータ 2 の入力側の対地電位は、入力電圧および中間電圧により次のように定まる。

【0037】

【数 1】

$$\begin{aligned} (\text{負側ラインの対地電位 } V_B) &= - (\text{中間電圧}) / 2 \\ (\text{正側ラインの対地電位 } V_A) &= - (\text{中間電圧}) / 2 + (\text{入力電圧}) \end{aligned}$$

【0038】

太陽電池 1 全体としては V_A から V_B の範囲の対地電位が存在する。通常、運転時の入力電圧と中間電圧はほぼ一定なので、 V_A と V_B もおよそ一定となり、太陽電池 1 の対地電位は大体一定であることがわかる。そこで、所定のタイミングで、入力電圧および／または中間電圧を制御することにより、太陽電池 1 の対地電位の絶対値が大きくなるように制御して、地絡検出を可能にしている。通常運転時は、太陽電池 1 から最大出力を取り出すための M P P T 制御により入力電圧は決まるが、およそ一定の電圧に制御される。すなわち、太陽電池 1 の対地電位は固定される。

【0039】

【実施例】

〔実施例 1〕

次に、本発明の第 1 の実施例に係る系統連系インバータにおける地絡検出動作の実施例について説明する。系統連系インバータの構成は図 1 のものと同様である。本実施例では、中間電圧は一定のままとし、入力電圧のみを変化させるようにしている。

【0040】

図 2 は地絡検出動作における電圧制御を示すフローチャートである。電圧制御

は制御手段 1 1 によって行う。制御手段 1 1 が動作を開始すると、同図に示すように、まずステップ s 0 1 で種々の初期化を実行する。次に、ステップ s 0 2 において連系運転を開始するまで待ち、連系運転を開始した場合はステップ s 0 3 に進む。

【 0 0 4 1 】

ステップ s 0 3 では、連系開始からの時間が第 2 所定時間 T 2 経過したかどうかを判断し、第 2 所定時間 T 2 を経過したと判断した場合はステップ s 0 4 に進み、そうでない場合はステップ s 0 3 を繰り返す。

【 0 0 4 2 】

ステップ s 0 4 では、入力電力と所定の電力 P 0 とを比較し、入力電力が P 0 未満であれば地絡検出のための電圧制御を実行すべきと判断してステップ s 0 6 に進む。P 0 以上であれば地絡検出のための電圧制御はまだ行わないと判断してステップ s 0 5 に進む。

【 0 0 4 3 】

ステップ s 0 5 では、連系開始からの時間が第 1 の所定時間 T 1 (> 第 2 所定時間 T 2) 経過したか否かを判断する。第 1 所定時間 T 1 を経過した場合は地絡検出のための電圧制御を実行すべきと判断してステップ s 0 6 に進む。経過していない場合はステップ s 0 4 に戻る。

【 0 0 4 4 】

すなわち、入力電力が所定電力 P 0 以上で、第 1 所定時間 T 1 を経過していない間は、ステップ s 0 4 とステップ s 0 5 を繰り返すことになる。

【 0 0 4 5 】

ステップ s 0 6 では、いままで行っていた M P P T 制御を禁止する。そしてステップ s 0 7 において、この時の入力電圧 V i n 0 を記憶する。次にステップ s 0 8 において、入力電圧を V i n 0 から低下するように所定の速度で変化させ、系統連系インバータ 2 の最低入力電圧 V i n 1 まで変化させる。これにより、太陽電池 1 の対地電位が変化する。このとき、地絡が検知されれば、入力電圧の変化を停止して、図 3 の地絡検出時の処理を実行する。

【 0 0 4 6 】

すなわち、地絡を検出すると図 3 のステップ s 2 1 に制御が移り、次のステップ s 2 2 において、地絡検出時の入力電圧を記憶する。次にステップ s 2 3 において連系運転停止指令を出力する。ステップ s 2 4 において、前記記憶した入力電圧とともに地絡検知がされたことやその時の時刻などの地絡検出情報を記憶する。そして、ステップ s 2 5 において、地絡検出時の処理を終了し、運転停止時の処理に移行する。

【 0 0 4 7 】

ステップ s 0 8 において地絡が検知されなかった場合は、ステップ s 0 9 に進み、太陽電池 1 の発電効率の低下による電力量損失を最低限に抑制するために入力電圧を V_{in0} まで速やかに変化させる。次に、ステップ s 1 0 において、入力電圧を V_{in0} から上昇するように所定の変化速度で制御し、入力電力がゼロに近い所定値となるまで変化させる。この所定値は、系統連系インバータ 2 の無負荷損失よりも少し大きい値にするとよい。なお、入力電力を約ゼロにする代わりに出力電力が約ゼロとなるようにしてもよく、その場合も同様の結果が得られる。この電圧上昇時に地絡が検知された場合は、ステップ s 0 8 の場合と同様の地絡検出時の処理を実行する。

【 0 0 4 8 】

ステップ s 1 0 において地絡が検知されなかった場合は、ステップ s 1 1 に進み、太陽電池 1 の発電効率の低下による電力量損失を最低限に抑制するために入力電圧を V_{in0} まで速やかに変化させる。次にステップ s 1 2 において、今までの M P P T 制御の動作禁止を解除して、再び M P P T 制御を行うことができるようにし、ステップ s 0 3 に戻る。なお、ステップ s 0 3 に戻った以降のステップ s 0 3 および s 0 5 の処理では、「連系開始からの時間」を「M P P T 制御禁止を解除してからの時間」に読み替えた処理が行われる。

【 0 0 4 9 】

以上の動作により、第 1 所定時間 T_1 以内に確実に太陽電池 1 の対地電位を変動させる制御を実行することができる。また、対地電位を変動させる制御時には入力電圧を変動させるので、太陽電池 1 は最適動作点から外れて、太陽電池 1 の発電効率が若干低下するが、太陽電池 1 の発電が少ない時に対地電位を変動させ

る制御を行い、また、第2所定時間 T_2 の間は対地電位を変動させる制御の実行を禁止するようにしているため、太陽電池1の発電効率の低下を抑制することができる。

【0050】

次に、この制御動作における太陽電池1の対地電位について図4を用いて説明する。図4は、横軸に時刻、縦軸に太陽電池1の対地電位をとり、上記動作時の太陽電池1の対地電位の変動の様子を示したものである。同図の上側の太線は太陽電池1の正側ラインの対地電位を示し、下側の太線は太陽電池1の負側ラインの対地電位を示す。太陽電池1にはこの2つの太線で挟まれた領域の対地電位が存在する。

【0051】

時刻 t_0 までは通常運転状態であり、この間の太陽電池1の正側ラインの対地電位は V_{A0} に固定され、負側ラインの対地電位は V_{B0} に固定されている。従来ではこの状態が続く。対地電位を変動させる制御は時刻 t_0 から実行される。

【0052】

時刻 t_0 から時刻 t_1 までがステップ s_{08} の状態であり、この間、系統連系インバータ2は入力電圧を V_{in1} まで所定の速度で変化させる。この時、太陽電池1の正側ラインの対地電位は V_{A1} となる。また、この時の太陽電池1の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。

【0053】

時刻 t_1 から時刻 t_2 までがステップ s_{09} の状態であり、この間、系統連系インバータ2は入力電圧を V_{in1} から V_{in0} まで速やかに変化させる。この時、太陽電池1の正側ラインの対地電位は V_{A0} に戻り、太陽電池1の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。

【0054】

時刻 t_2 から時刻 t_3 までがステップ s_{10} の状態であり、この間、系統連系インバータ2は入力電圧を所定の速度で上昇させる。時刻 t_3 は入力電力が無負荷損失よりも大きく、ゼロに近い所定値になった時であり、この時、入力電圧は V_{in2} となる。またこの時、太陽電池1の正側ラインの対地電位は V_{A2} とな

り、負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。

【0055】

時刻 t_3 から時刻 t_4 までがステップ s_{11} の状態であり、この間に系統連系インバータ2は入力電圧を V_{in2} から V_{in0} まで速やかに変化させる。時刻 t_4 で対地電位を変動させる制御は終了し、太陽電池1の正側ラインの対地電位は V_{A0} に戻り、太陽電池1の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。時刻 t_4 以降は通常運転状態である。

【0056】

このように、太陽電池1の対地電位は制御され、太陽電池1の各部において対地に対してゼロ近傍でない電圧の関係を作り出す。特に、図4のような負側ラインの対地電位 V_{B0} および最低入力電圧 V_{in1} となるような系統連系インバータでは、太陽電池1の対地電位の大きさを $|V_{A1}|$ 以上にすることができるため、確実に所定レベルの地絡があるか否かが分かる。また、太陽電池1の開放電圧が V_{in2} のように大きい場合には、入力電圧を上昇させる制御により、太陽電池1に V_{A2} のような大きな対地電位を与えることができるため、絶縁抵抗がより高い抵抗値で保たれることを確認することができる。

【0057】

系統連系インバータ2が、中間電圧が320V、最低入力電圧 V_{in1} が100V、地絡検出レベルが2.5mAという仕様で、太陽電池1の最適動作点電圧が190Vであるとすれば、太陽電池の負側ラインの対地電位 V_{B0} は-160Vになる。通常運転時の入力電圧 V_{in0} は190Vになる。また、この太陽電池1で電圧を上昇させて電力を所定値まで下げた時の電圧は約240Vとなる。つまり V_{in2} は240Vである。そうすると、時刻 t_1 の入力電圧が V_{in1} の場合、正側ラインの対地電位 V_{A1} は-60Vになる。また、時刻 t_3 の入力電圧が V_{in2} の場合、正側ラインの対地電位 V_{A2} は+80Vになる。

【0058】

いま、太陽電池1中の位置 X を、負側端を0、正側端を1として0～1で表すこととし、入力電圧を V_{in} 、負側ラインの対地電位を V_B とすると、太陽電池1の位置 X での対地電位 V_x は、 $V_x = V_{in} \times X + V_B$ と表される。これより

時刻 t_1 および時刻 t_3 での太陽電池 1 の位置 X での対地電位の大きさ $|V_x|$ は図 5 のようになる。同図のグラフにおいて、横軸は太陽電池 1 の位置 X 、縦軸は対地電位の大きさ（単位は V ）を示す。時刻 t_1 の時点では、図中のライン t_1 で示されるように、少なくとも $60V$ 以上の対地電位の大きさが確保されていることが分かる。また、時刻 t_3 では、ライン t_3 で示されるように、太陽電池 1 の位置 X が 0.94 以上の領域で時刻 t_1 よりも大きな対地電位の大きさが得られている。太陽電池 1 の中で最小の対地電位の大きさは、位置 X が 0.94 における、 $66V$ となる。

【0059】

従来あるいは通常運転時の時刻 t_0 などの場合では、二重線 t_0 で示されるような対地電位の分布となる。すなわち、位置 X が 0.84 の近傍では対地電位がゼロに近いことが分かる。従来では二重線 t_0 の状態に固定されていたので、この付近での地絡が特に困難であった。これに対し、本実施例によれば、位置 X が 0.84 近傍でも十分な対地電位が与えられていることが分かる。

【0060】

図 6 は、図 5 の値と、系統連系インバータ 2 の地絡検出レベル $25mA$ とから求められる検出可能な地絡抵抗値の境界値を示すグラフである。横軸は太陽電池 1 の位置 X 、縦軸は位置 X での対地の抵抗値である。ライン t_1 および t_3 の下側がそれぞれ時刻 t_1 および t_3 において検知可能な領域であり、ライン t_1 および t_3 より上側がそれぞれ時刻 t_1 および t_3 において検知できない領域である。対地電位制御時に地絡が検出されなければ、ライン t_1 または t_3 より上の抵抗値が確保されていることが分かる。最も小さい抵抗値でも位置 X が 0.94 においても抵抗は $2.6k\Omega$ 以上が確保されていることが分かる。また、逆に、ライン t_1 または t_3 より下側の抵抗しかない場合には、地絡を検知することができる。

【0061】

以上のように本実施例によれば、入出力が非絶縁の系統連系インバータにおいて、入力電圧を変化させて太陽電池の対地電位を制御し、対地電位の大きさが太陽電池の全ての位置でゼロ近傍にならない所定値以上となるようにするようにし

たため、通常運転時に検知できなかった地絡を検出することができる。また、このような対地電位制御を行った場合に地絡が検知されないことにより、太陽電池の各位置で所定の抵抗値が保たれていることを確認することができる。さらに、これらの地絡を検知した状況や地絡が検知されなかった時刻などを記録することによって、それらの記録を、地絡が発生した後で故障解析する場合の参考にすることができるというメリットがある。

【 0 0 6 2 】

また、第 1 所定時間 T_1 以内毎に対地電位制御を行うようにしているため、地絡が発生してから第 1 所定時間 T_1 以内に地絡を検知することができる。また、対地電位制御の間隔を第 2 所定時間 T_2 以上にしているため、対地電位制御時の太陽電池の発電効率の低下による電力量損失を抑制することができる。また、入力電力あるいは出力電力が所定値以下の時に対地電位制御を実行するようにしているため、対地電位制御時の太陽電池の発電効率の低下による電力量損失を抑制することができる。

【 0 0 6 3 】

また、地絡が検出された場合、運転を停止してから所定の待機時間後に再び運転して対地電位制御による地絡検出動作を 1 回あるいは複数回繰り返すように構成すれば、外来ノイズなどによる誤検知を防止することができる。また、地絡状態が何時に解消されたかが分かる。また、本実施例の回路方式においては、最低入力電圧を 100 V 程度の低い電圧となるように構成することが可能であるが、その場合は、入力電圧を最低入力電圧（付近）に制御することによって確実に対地電位を与えることができる。

【 0 0 6 4 】

また、入力電圧の制御による対地電位の変化速度は遅いほうが精度よく検知することができ、したがって再検出時には通常よりも遅い速度で対地電位を変動させるとよい。また、地絡が検知された場合には、表示や音によってユーザに報知したり、通信手段を介してユーザ内外の機器に通知するように構成することによって、地絡への対処をより早く行うことができる。また、対地電位制御による地絡検出動作は、連系運転開始時や、通常の運転停止時に行ってもよい。

【 0 0 6 5 】

〔実施例 2〕

次に、第 2 の実施例について説明する。本実施例における系統連系インバータも、実施例 1 の場合と同様に、図 1 の系統連系インバータ 2 のような構成を有する。実施例 1 においては対地電位制御のために入力電圧を制御しているが、これに対し、本実施例では入力電圧とともに中間電圧も制御するようにしている点が異なる。

【 0 0 6 6 】

図 7 は、実施例 1 の図 4 と同様に横軸に時刻、縦軸に太陽電池 1 の対地電位をとり、上記制御による動作時の太陽電池 1 における対地電位の変動の様子を示したものである。時刻 t_{10} までは通常運転状態であり、この間の太陽電池 1 における正側ラインの対地電位は V_{A0} である。また、この間の太陽電池 1 における負側ラインの対地電位は V_{B0} である。

【 0 0 6 7 】

対地電位を変動させる制御は時刻 t_{10} から実行される。時刻 t_{10} から時刻 t_{11} までにおいて、系統連系インバータ 2 は入力電圧を V_{in0} から V_{in1} まで所定の速度で変化させる。時刻 t_{11} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A1} となる。また、この時の太陽電池 1 における負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで、変化はない。

【 0 0 6 8 】

時刻 t_{11} から時刻 t_{12} までにおいて、系統連系インバータ 2 は中間電圧を $2V_{B0}$ から $2V_{B1}$ まで所定の速度で上昇させる。時刻 t_{12} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A3} となる。また、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B1} となる。

【 0 0 6 9 】

時刻 t_{12} から時刻 t_{13} では、系統連系インバータ 2 は中間電圧を $2V_{B1}$ から $2V_{B0}$ まで所定の速度で変化させる。時刻 t_{13} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A1} となる。また、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B0} に戻る。

【 0 0 7 0 】

時刻 t_{13} から時刻 t_{14} では、系統連系インバータ 2 は入力電圧を V_{in1} から V_{in0} まで速やかに変化させる。時刻 t_{14} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A0} に戻り、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。

【 0 0 7 1 】

時刻 t_{14} から時刻 t_{15} では、系統連系インバータ 2 は入力電圧を所定の速度で上昇させる。時刻 t_{15} は入力電力が無負荷損失よりも大きく、ゼロに近い所定値になった時であり、この時の入力電圧は V_{in2} となる。この時の太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A2} となる。また、この時の太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。

【 0 0 7 2 】

時刻 t_{15} から時刻 t_{16} では、系統連系インバータ 2 は中間電圧を $2V_{B0}$ から $2V_{B2}$ まで所定の速度で低下させる。時刻 t_{16} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A4} となる。また、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B2} となる。

【 0 0 7 3 】

時刻 t_{16} から時刻 t_{17} では、系統連系インバータ 2 は中間電圧を $2V_{B2}$ から $2V_{B0}$ まで所定の速度で変化させる。時刻 t_{17} では、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A2} となる。また、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B0} に戻る。

【 0 0 7 4 】

時刻 t_{17} から時刻 t_{18} では、系統連系インバータ 2 は入力電圧を V_{in2} から V_{in0} まで速やかに変化させる。時刻 t_{18} で対地電位を変動させる制御は終了し、太陽電池 1 の正側ラインの対地電位は V_{A0} に戻り、太陽電池 1 の負側ラインの対地電位は V_{B0} のままで変化しない。時刻 t_{18} 以降は通常運転状態である。

【 0 0 7 5 】

このように、太陽電池 1 の対地電位は制御され、太陽電池 1 の各部において対

地に対してゼロ近傍でない電圧の関係を作り出す。特に、図 7 のように負側ラインの対地電位が V_{B1} および最低入力電圧が V_{in1} となる系統連系インバータでは、太陽電池 1 の対地電位の大きさを $|V_{A2}|$ 以上することができ、したがって確実に所定レベルの地絡があるか否かが分かる。また、太陽電池 1 の開放電圧が V_{in2} のように大きい場合には、入力電圧を上昇させるとともに中間電圧を低下させることにより、太陽電池 1 に V_{A4} のような大きな対地電位を与えることができ、したがって絶縁抵抗がより高い抵抗値で保たれていることを確認することができる。

【 0 0 7 6 】

系統連系インバータ 2 が、中間電圧 $2V_{B1}$ が $340V$ 、中間電圧 $2V_{B2}$ が $300V$ 、最低入力電圧 V_{in1} が $100V$ 、地絡検出レベルが $25mA$ という仕様で、太陽電池 1 の最適動作点電圧が $190V$ であるとする、中間電圧 $2V_{B1}$ が $340V$ の時の太陽電池 1 における負側ラインの対地電位 V_{B0} は $-170V$ になる。中間電圧 $2V_{B2}$ が $300V$ の時の太陽電池 1 における負側ラインの対地電位 V_{B0} は $-150V$ になる。通常運転時の入力電圧 V_{in0} は $190V$ になる。また、この太陽電池 1 で電圧を上昇させて電力を所定値まで下げた時の電圧は約 $240V$ となる。つまり V_{in2} は $240V$ である。そうすると、時刻 t_{12} では、正側ラインの対地電位 V_{A1} は $-70V$ になる。また、時刻 t_{12} では、正側ラインの対地電位 V_{A1} は $+90V$ になる。

【 0 0 7 7 】

太陽電池 1 中の位置 X を、負側端を 0、正側端を 1 として $0 \sim 1$ で表すこととし、入力電圧を V_{in} 、負側ラインの対地電位を V_B とすると、太陽電池 1 の位置 X での対地電位 V_x は、 $V_x = V_{in} \times X + V_B$ で表される。これよれば、時刻 t_{12} および時刻 t_{16} での太陽電池 1 の位置 X での対地電位の大きさ $|V_x|$ は、図 8 のようになる。図 8 は実施例 1 の図 5 と同様のものであり、横軸は太陽電池 1 の位置 X 、縦軸は対地電位の大きさ（単位は V ）を示す。時刻 t_{12} では、図 8 中のライン t_{12} で示されるように、少なくとも $70V$ 以上の対地電位の大きさが確保されていることが分かる。また、時刻 t_{16} では、ライン t_{16} で示されるように、太陽電池 1 の位置 X が 0.94 以上の領域で、時刻 t_{12} よ

りも大きな対地電位の大きさが得られている。太陽電池 1 の中で最小の対地電位の大きさは、位置 X が 0.94 において、76 V となる。これは実施例 1 の最小の対地電位の大きさ 66 V よりもさらに大きい値であり、より地絡抵抗値の高い地絡を検知できることを意味する。またこのことは、位置 X が 0.94 の場合だけでなく、太陽電池 1 の全ての位置において実施例 1 よりも地絡検出を高感度で行えることを意味する。

【0078】

以上のように、本実施例によれば、入出力が非絶縁の系統連系インバータにおいて、入力電圧と中間電圧を変化させて太陽電池の対地電位を制御することによって、対地電位の大きさが太陽電池の全ての位置でゼロ近傍にならない所定値以上となるようにしたため、通常運転時に検知できなかった地絡を検出することができる。また、入力電圧だけを変化させる場合よりも地絡抵抗値の高い地絡を検知することができる。

なお、対地電位の制御において中間電圧を低下させる時には、系統 3 の電圧を考慮して制御する必要がある。

【0079】

〔実施例 3〕

さらに本発明の第 3 の実施例について説明する。本実施例の系統連系インバータは、実施例 1 と同様に、図 1 の系統連系インバータ 2 と同じ構成を有する。また、対地電位制御は、実施例 1 と同様に、入力電圧制御によって図 4 のように行い、対地電位の分布は実施例 1 の図 5 と同じになる。ただし、本実施例では地絡検出手段 12 が 2 つの地絡検出レベルを備える点において、実施例 1 と異なる。

【0080】

図 9 は、図 5 の値と、系統連系インバータ 2 の地絡検出レベル 25 mA および地絡検出レベル 20 mA とから求められる検出の境界値を示す。横軸は太陽電池 1 内の位置 X、縦軸は位置 X での対地の抵抗値である。2 つの実線は地絡検出レベル 25 mA での境界値、2 つの点線は地絡検出レベル 20 mA での境界値をそれぞれ示す。実施例 1 の図 6 と異なるのは、地絡検出レベル 20 mA についての値（2 つの点線）が追加されている点にある。各線より下側が検知可能な領域で

あり、上側が検知できない領域である。対地電位制御時に地絡が検出されなければ、実線および点線の全ての線より上の抵抗値が確保されていることが分かる。位置Xが0.94における最も小さい抵抗値の場合でも、3.3 k Ω 以上が確保されていることが分かる。また、逆に、図中の線より下側の抵抗しかない場合には、地絡を検知することができる。

【0081】

また、太陽電池1の位置Xで、地絡抵抗 R_x の地絡を地絡検出レベル I_t で検出したとすると、地絡点の対地電位 V_x は $V_x = R_x \times I_t$ と表される。一方、位置Xでの対地電位 V_x は、実施例1で既に述べたように、 $V_x = V_{in} \times X + V_B$ となる。これより、 $R_x \times I_t = V_{in} \times X + V_B$ となる。ここで、地絡検出レベル I_t 、入力電圧 V_{in} 、負側ラインの対地電位 V_B は分かっており、未知のパラメータは地絡抵抗 R_x および位置Xの2つなので、2種類の「地絡検出レベル I_t 、入力電圧 V_{in} 、負側ラインの対地電位 V_B 」が分かれば、地絡抵抗 R_x および位置Xも分かることになる。

【0082】

したがって、対地電位制御を行い、地絡検出レベル20 mAおよび25 mAで地絡が検知された入力電圧 V_{in} を検出すれば、地絡抵抗 R_x およびその位置Xが求まる。よって、入力電圧 V_{in} などの検出値、地絡抵抗 R_x や位置Xなどの計算値のどちらか、あるいは両方を記憶するように構成すると、地絡検知後の対応が容易になるというメリットがある。

【0083】

なお、地絡検出レベルは上記の値に限定されるものでない。また、地絡検出レベルを2つでなく3つ以上設けてもよい。その場合、地絡抵抗 R_x およびその位置Xの推定に、地絡を検知した条件のうちの任意の2つあるいは3つ以上を選択して求めると、推定精度が向上するというメリットがある。

【0084】

〔実施例4〕

さらに第4の実施例について説明する。本実施例の系統連系インバータは、実施例1と同様、図1に示す系統連系インバータ2と同じ構成を有する。また、対

地電位制御は、実施例 1 と同様に、入力電圧制御により図 4 のように行い、対地電位の分布は実施例 1 の図 5 と同じになる。ただし、本実施例では地絡検出手段 1 2 が地絡電流検出値 I を出力する点において、実施例 1 と異なる。

【 0 0 8 5 】

地絡電流検出値 I については、実施例 3 で説明したように、 $R_x \times I = V_{in} \times X + V_B$ という関係がある。よって、任意の 2 つ以上の対地電位制御の状態において、地絡電流検出値 I 、入力電圧 V_{in} 、および負側ライン対地電位 V_B を得ると、地絡抵抗 R_x および地絡位置 X を算出することができる。よって、入力電圧 V_{in} などの検出値または地絡抵抗 R_x や位置 X などの計算値のどちらかあるいは両方を記憶するように構成すると、地絡検知後の対応が容易になるというメリットがある。また、地絡判定において、履歴情報に基づいて地絡抵抗 R_x の変化などを考慮してもよい。

【 0 0 8 6 】

なお、地絡抵抗 R_x および地絡位置 X を算出するために必要な最小のサンプル数は 2 つであるが、3 つ以上のサンプルを用いて演算することにより、推定精度を向上させることができる。また、地絡検出手段 1 2 が出力する地絡電流検出値 I が絶対値であれば、サンプル数を 3 点以上とし、直線状にある条件を調べて算出すればよい。また、地絡検出手段 1 2 の検出特性が地絡電流値ゼロの前後に不感領域を有する場合には、地絡電流検出値 I が不感領域外の値を出力したことをサンプルの条件にするとよい。

【 0 0 8 7 】

また、本実施例で示した対地電位制御は一例であり、系統連系インバータの入力電圧および／または中間電圧を制御して、太陽電池の全ての領域で対地電位がゼロ近傍でない電圧（あるいは所定以上の電圧）に制御するものであればよい。また、対地電位制御としては、入力電圧はそのまま中間電圧のみを制御するものであってもよい。この場合は、入力電圧が太陽電池の最適動作点電圧から外れることがないので、太陽電池の発電効率を高い状態に維持することができる。

【 0 0 8 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、入力電圧または中間電圧を制御して上昇または下降させることにより直流電源の対地電位をゼロ近傍以外の値とする制御手段を設けたため、直流電源における地絡を確実に検出することができる。また、直流電源の全ての位置で対地電位がゼロ近傍でない状態（あるいは対地電位の大きさが所定値以上）となるように入力電圧または中間電圧を制御するようにしたため、連系運転中に太陽電池に地絡が発生しても地絡の位置に関わらず確実に地絡を検知することができる。

【 0 0 8 9 】

また、中間電圧だけを制御する場合には、直流電源として太陽電池を用いたとき、入力電圧が太陽電池の最適動作点電圧から外れることがないので、太陽電池の発電効率を高い状態に維持することができる。

【 0 0 9 0 】

また、上記の制御動作で地絡が検出されなかったことをもって、所定の抵抗値が確保されていることを確認することができる。また、第1所定時間 T_1 以内毎に制御手段による対地電位の制御を行うことにより、地絡が発生してから第1所定時間 T_1 以内に確実に地絡を検知することができる。また、対地電位制御の間隔を第2所定時間 T_2 以上にすることで、対地電位制御時の太陽電池の発電効率の低下による電力量損失を抑制することができる。また、入力電力あるいは出力電力が所定値以下の時に対地電位制御を実行することにより、対地電位制御時の太陽電池の発電効率の低下による電力量損失を抑制することができる。

【 0 0 9 1 】

また、2つ以上の検出レベルによる地絡の検出や、複数の電圧状態に対応する零相直流電流値の検出により、地絡の位置や地絡抵抗を推定することができる。また、地絡の位置や地絡抵抗、あるいは前記の2つ以上の検出レベルによる地絡の検出や複数の電圧状態に対応する零相直流電流値の検出の状況などを記録しておくことにより、地絡を検知してから時間が経ち、地絡抵抗が高くなって、地絡の場所が分からなくなった場合でも、地絡検出後の対処を効率的に行うことができる。また、地絡が検出された場合、運転を停止してから所定の待機時間後に再び運転して対地電位制御による地絡検出動作を1回あるいは複数回繰り返すよう

に構成すれば、外来ノイズなどによる誤検知を防止することができる。また、地絡状態が何時解消されたかを知ることができる。

【0092】

また、直流電源が複数の直流電源ユニットで構成されている場合、電源中の対地電位が連続的に分布し、対地電位がゼロとなる場所が存在しやすいが、その場合でも、電源の全ての場所の地絡を検知することができる。また、複数の直流電源ユニットのどこが地絡したかを知ることができる。また、直流電源が太陽電池の場合、屋外にあるため、外来の何らかの原因により絶縁が破壊されるおそれがあったり、設置場所が屋根上、屋側などの様々の場合があるが、そのような場合においても、万一地絡が発生したときには、地絡の発生箇所によらず確実に地絡を検知することができ、地絡の位置を知ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を適用可能な太陽光発電システムの構成図である。

【図2】 本発明の第1の実施例に係る系統連系インバータにおける地絡検出のための動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図3】 図2のシーケンスにおける地絡検知後の動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図4】 図2のシーケンスによる太陽電池の対地電位の時間推移を示すグラフである。

【図5】 図4の時刻 t_1 および t_3 における太陽電池各部の対地電位の大きさを示すグラフである。

【図6】 図4の時刻 t_1 および t_3 における太陽電池各部の検知可能な地絡抵抗値の境界を示すグラフである。

【図7】 本発明の第2の実施例に係る系統連系インバータでの制御による太陽電池の対地電位の時間推移を示すグラフである。

【図8】 図7の時刻 t_{12} および t_{16} における太陽電池各部の対地電位の大きさを示すグラフである。

【図9】 本発明の第3の実施例に係る系統連系インバータにおける制御による時刻 t_1 および t_3 における太陽電池各部の検知可能な地絡抵抗値の境界を

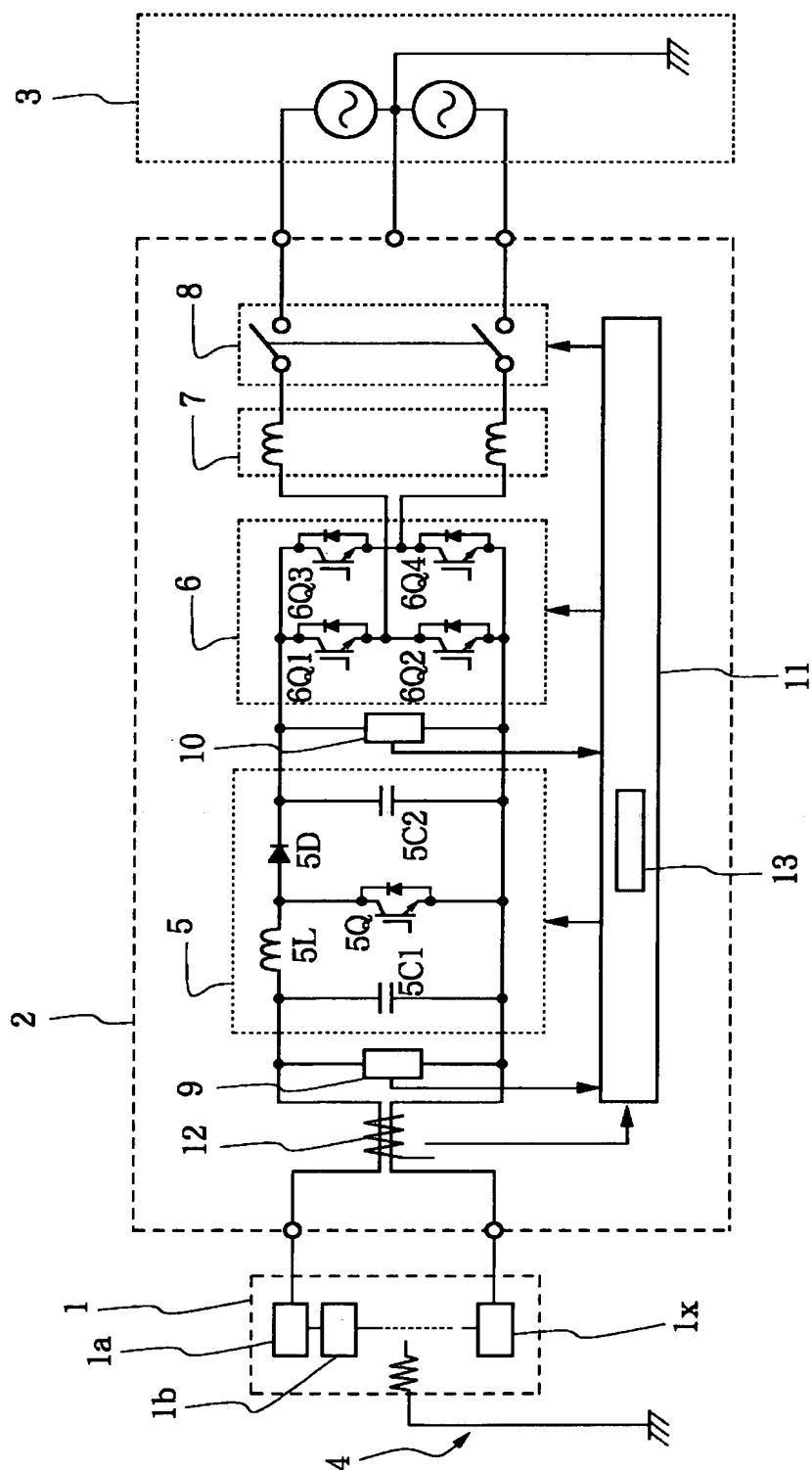
示すグラフである。

【符号の説明】 1：太陽電池、2：系統連系インバータ、3：系統、4：地絡、5：コンバータ回路、6：インバータ回路、7：連系リアクトル、8：連系スイッチ、9：入力電圧検出手段、10：中間電圧検出手段、11：制御手段、12：地絡検出手段、13：対地電位制御手段。

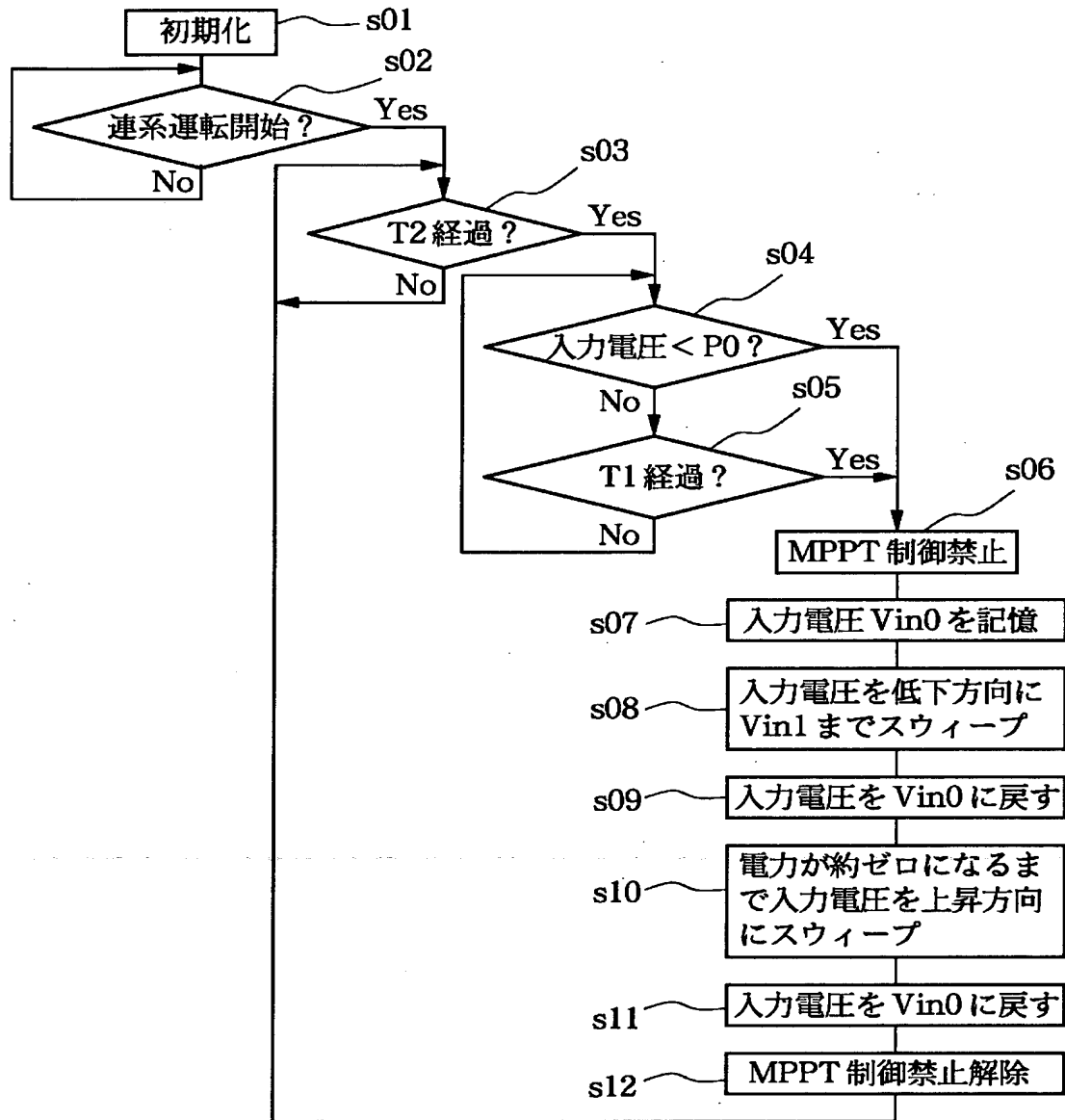
【書類名】

図面

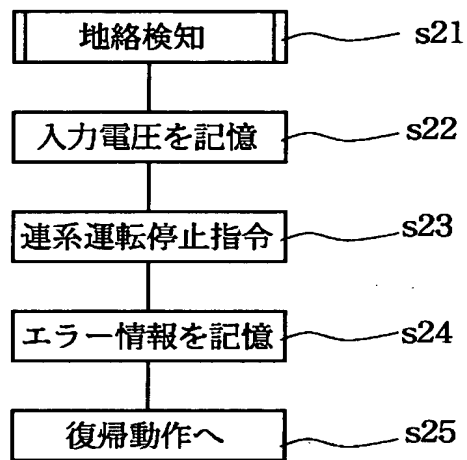
【図 1】



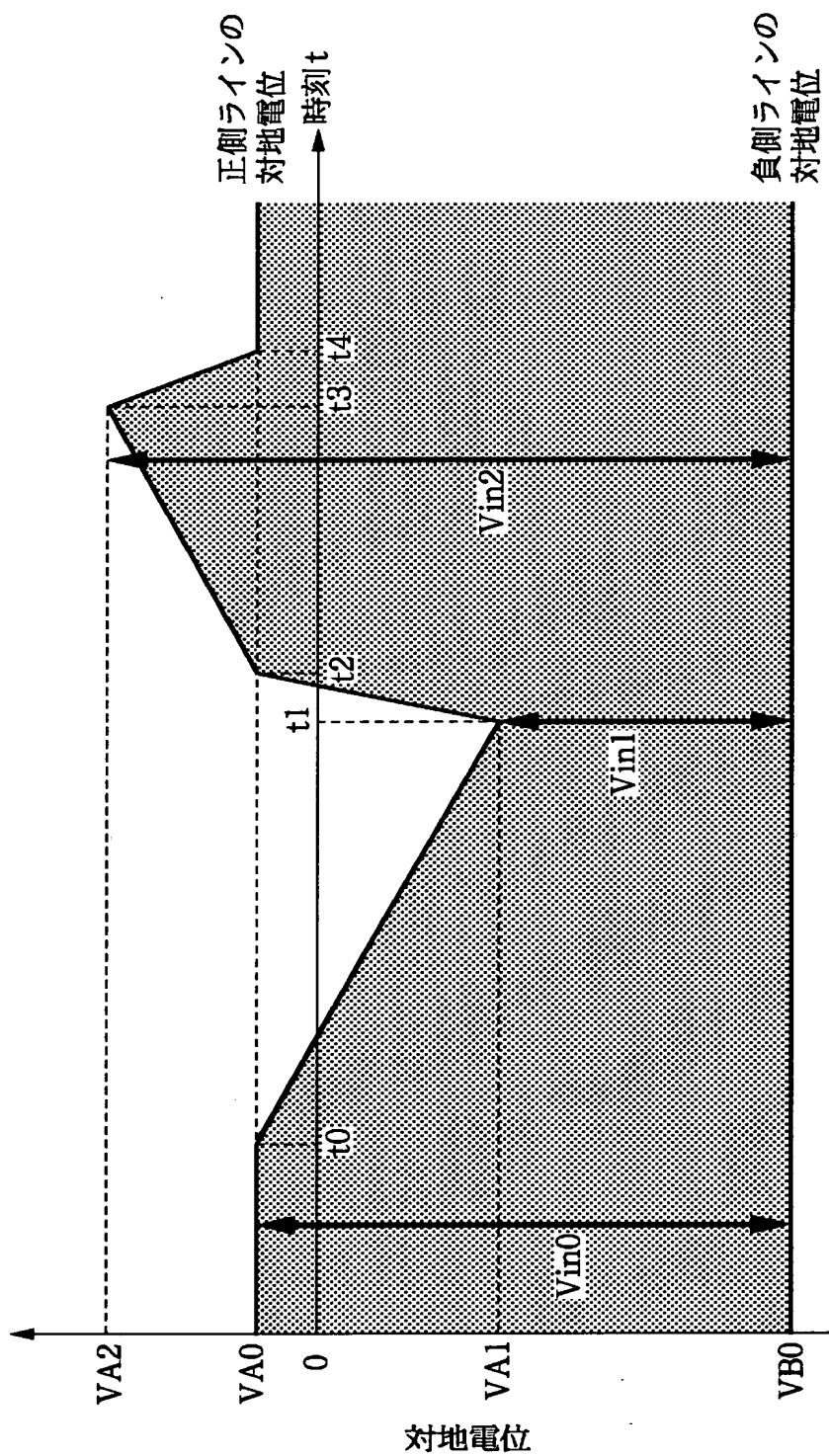
【図 2】



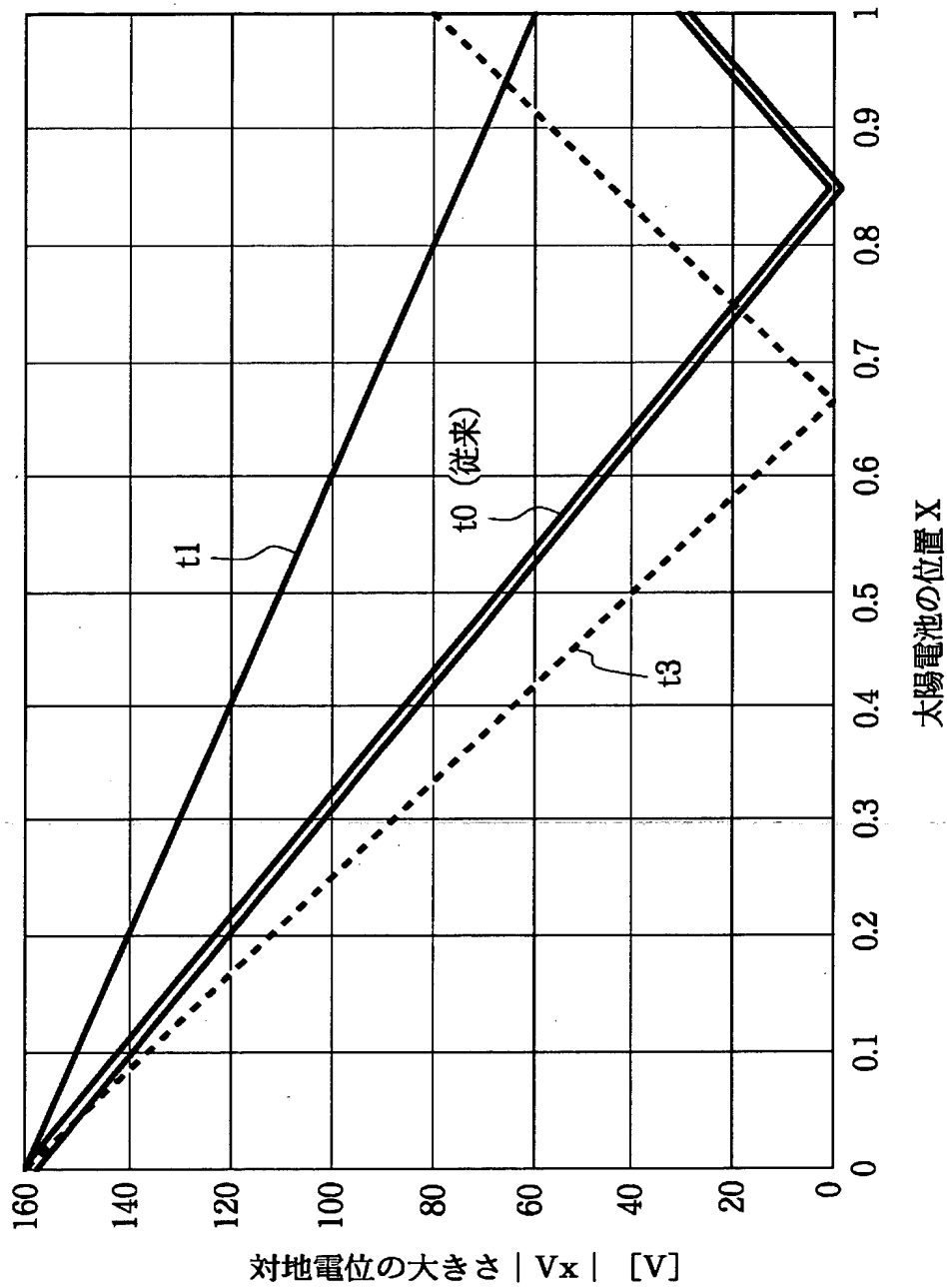
【図 3】



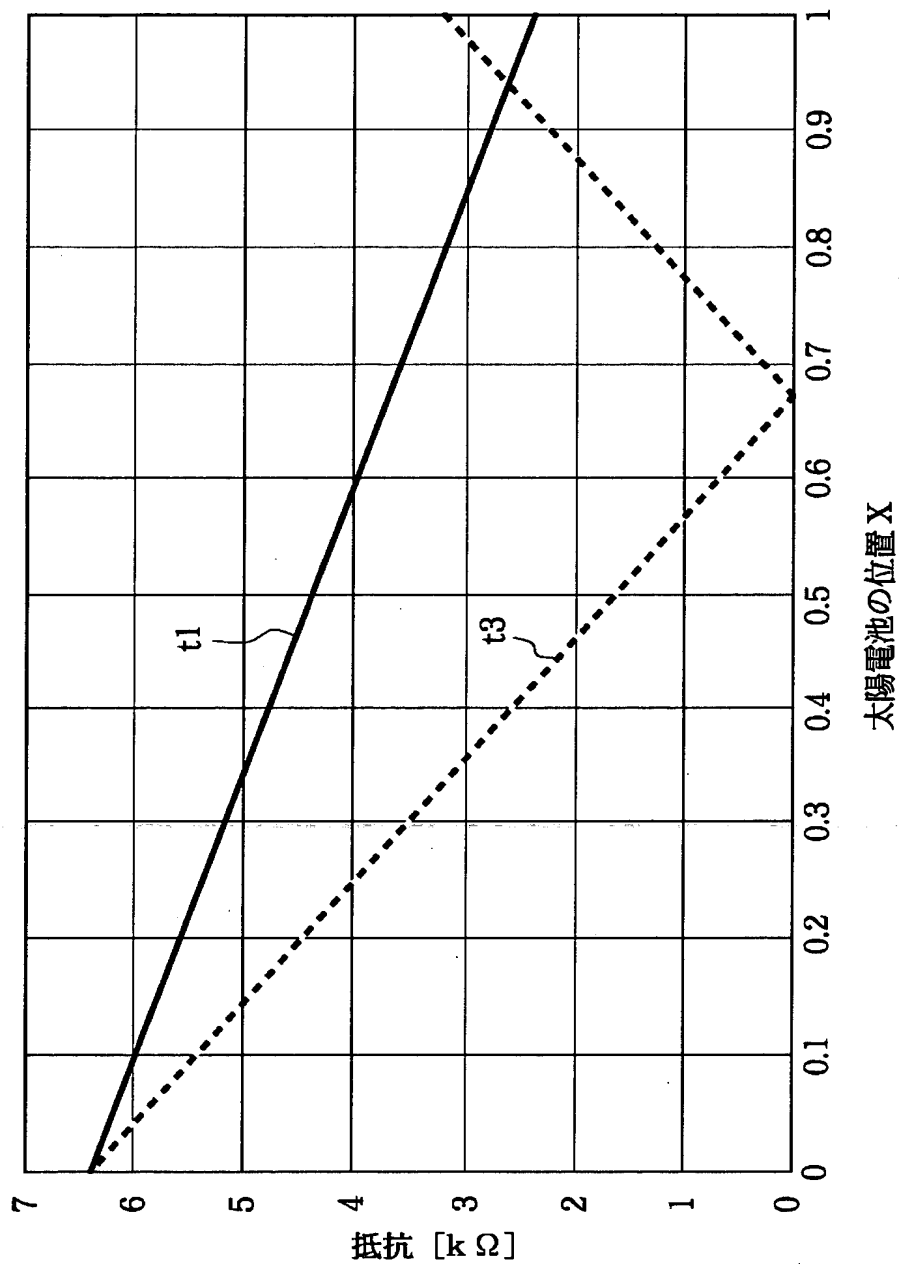
【図 4】



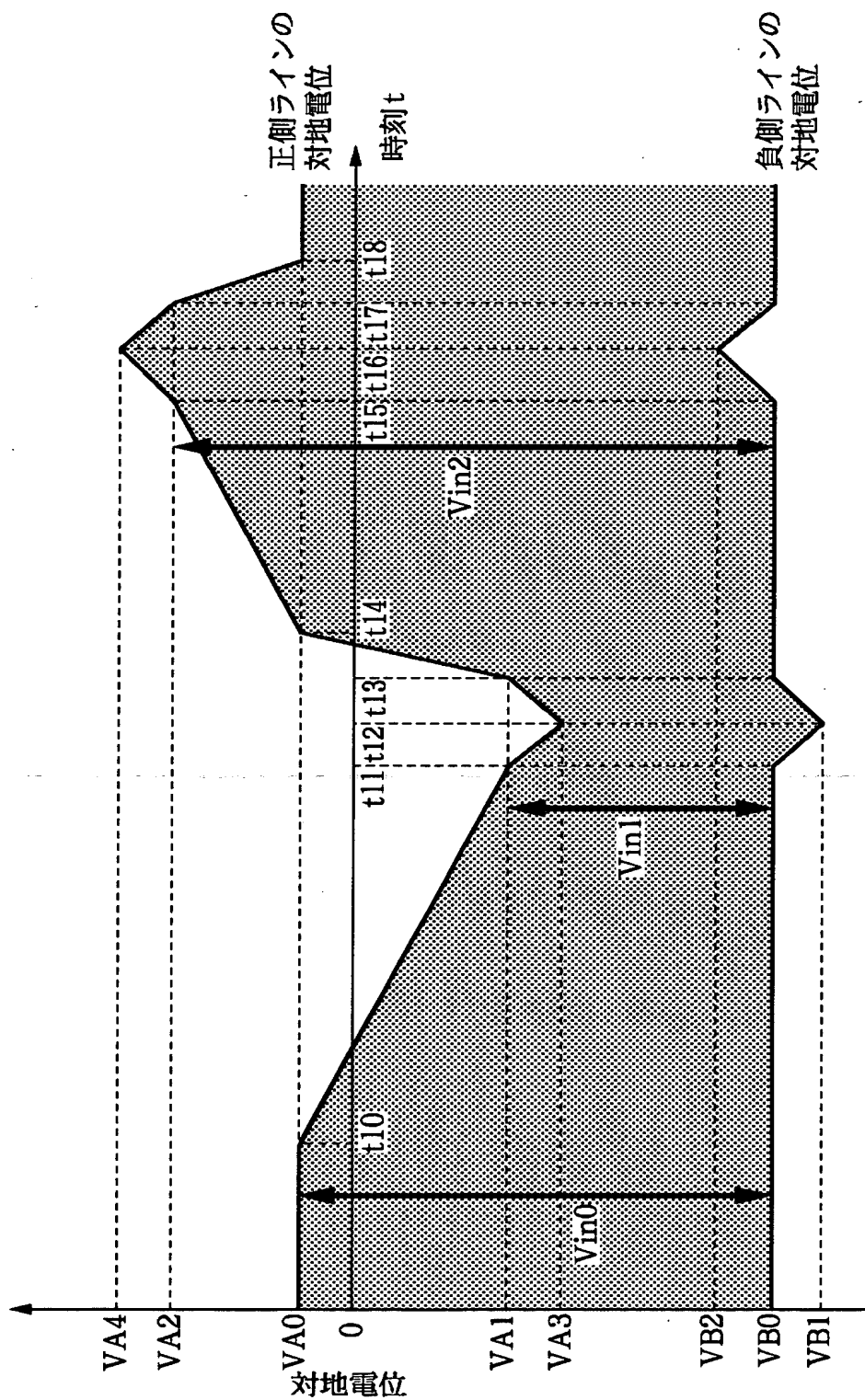
【図 5】



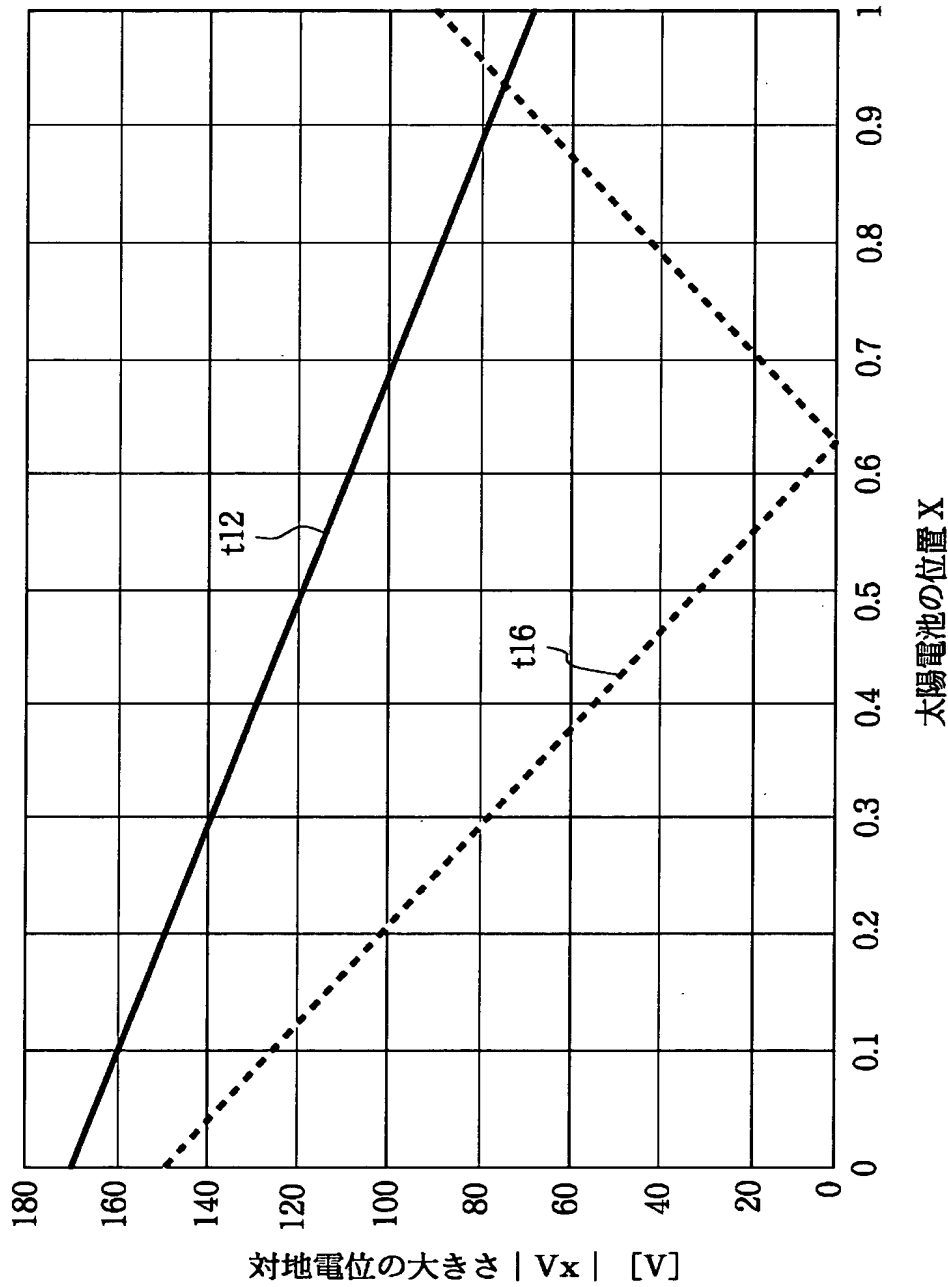
【図 6】



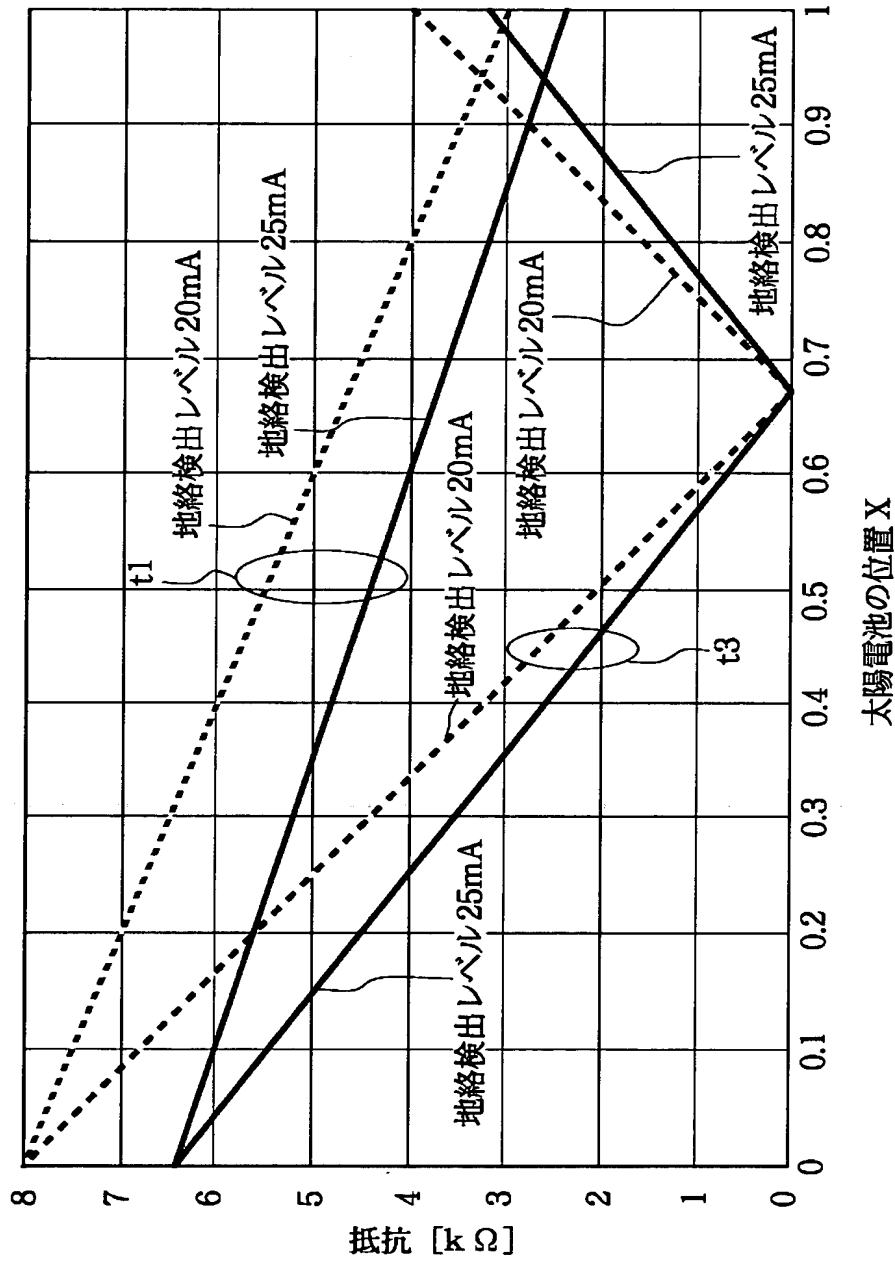
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 直流電源の地絡を確実に検出できるようにする。また、地絡位置の検出が行えるようにし、さらには地絡に対する対応が効率的に行えるようにする。

【解決手段】 直流電源 1 から入力される直流電力を、入出力間が絶縁されていないコンバータ回路 5 およびインバータ回路 6 を経て交流電力に変換し、接地された系統 3 に出力する系統連系インバータであって、前記直流電源の地絡を検出する直流地絡検出手段 1 2 を備えたものにおいて、入力電圧またはコンバータ回路とインバータ回路との間における中間電圧を制御して上昇または下降させることにより直流電源の対地電位をゼロ近傍以外の値とする制御手段 1 3 を備える。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社